



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA
FACULDADE DE TECNOLOGIA EM GEOPROCESSAMENTO

Nayan Santos da Paixão

Nayara Coelho da Silva

**TRANSFORMAÇÕES AMBIENTAIS E CLIMÁTICAS EM SÃO FÉLIX DO XINGU,
PARÁ (2004-2024): Análise de queimadas e desmatamento com Geotecnologias**

ANANINDEUA, PA

2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA
FACULDADE DE TECNOLOGIA EM GEOPROCESSAMENTO

Nayan Santos da Paixão

Nayara Coelho da Silva

**TRANSFORMAÇÕES AMBIENTAIS E CLIMÁTICAS EM SÃO FÉLIX DO XINGU,
PARÁ (2004-2024): Análise de queimadas e desmatamento com Geotecnologias**

Trabalho de Curso apresentado para obtenção do grau de
Tecnólogo(a) em Geoprocessamento pela Faculdade de
Tecnologia em Geoprocessamento da Universidade Federal do
Pará, Campus Ananindeua.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Alves de Melo
Coorientador: Prof. Dr. Lúcio Correia Miranda

ANANINDEUA, PA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P142t Paixão, Nayan Santos da.
TRANSFORMAÇÕES AMBIENTAIS E CLIMÁTICAS EM
SÃO FÉLIX DO XINGU, PARÁ (2004-2024) : Análise de
queimadas e desmatamento com Geotecnologias / Nayan Santos da
Paixão, Nayara Coelho da Silva . — 2025.
xiii,13 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Paulo Alves de Melo
Coorientador(a): Prof. Dr. Lúcio Correia Miranda
Trabalho de Conclusão (Graduação) - Universidade Federal do
Pará, Campus Universitário de Ananindeua, Curso de
Geoprocessamento, Ananindeua, 2025.

1. Geotecnologias. 2. Queimadas. 3. Desmatamento. 4.
Mudanças Climáticas. 5. São Félix do Xingu. I. Título.

CDD 354

Nayan Santos da Paixão

Nayara Coelho da Silva

**TRANSFORMAÇÕES AMBIENTAIS E CLIMÁTICAS EM SÃO FÉLIX DO XINGU,
PARÁ (2004-2024): Análise de queimadas e desmatamento com Geotecnologias**

Trabalho de Curso apresentado para obtenção do grau de
Tecnólogo(a) em Geoprocessamento pela Faculdade de
Tecnologia em Geoprocessamento da Universidade Federal do
Pará, Campus Ananindeua.

Data de aprovação: 27/02/2025

Conceito: Excelente

Ananindeua – PA

Orientador(a) – Presidente(a) da Banca Avaliadora
Instituição

Primeiro examinador
Instituição

Segundo Examinador
Instituição

Discente



PAIXÃO, Nayan Santos; DA SILVA, Nayara Coelho; MELO, Paulo Alves de; MIRANDA, Lúcio Correia. Transformações ambientais e climáticas em São Félix do Xingu, Pará (2004-2024): análise de queimadas e desmatamento com Geotecnologias. **Geotecnologias e ensino**. Ananindeua, PA: UFPA, 2025, v.1, 2025, p. 1-9.

TRANSFORMAÇÕES AMBIENTAIS E CLIMÁTICAS EM SÃO FÉLIX DO XINGU, PARÁ (2004-2024):

Análise de queimadas e desmatamento com Geotecnologias

Nayan Santos Da Paixão¹

Nayara Coelho Da Silva²

Prof. Dr. Paulo Alves de Melo³

Prof. Dr. Lúcio Correia Miranda⁴

RESUMO

Este estudo analisa as transformações ambientais e climáticas em São Félix do Xingu, Pará, entre 2004 e 2024, com foco em queimadas, desmatamento e variações climáticas. Utilizando geotecnologias (R Studio e QGIS) e dados do INPE/TERRABRASILIS, os focos de calor foram mapeados, revelando variações significativas nas queimadas ao longo do período, com picos entre julho e setembro, associados à expansão agropecuária. A densidade de focos concentra-se nas regiões norte e centro-leste, correlacionada a um aumento médio de 1,5°C na temperatura e redução de 20% na gestão anual. Os resultados indicam pressão crescente sobre áreas protegidas e vulnerabilidade a incêndios de grande escala. Concluímos que políticas públicas robustas e práticas sustentáveis são essenciais para mitigar esses impactos e preservar a Amazônia.

Palavras-chave: Geotecnologias, Queimadas, Desmatamento, Mudanças Climáticas, São Félix do Xingu.

¹ Graduando(a) do curso de Geoprocessamento da Universidade Federal do Pará – UFPA, Campus Ananindeua – CANAN. E-mail: geopro.nayanpaixao@gmail.com

² Graduando(a) do curso de Geoprocessamento da Universidade Federal do Pará – UFPA, Campus Ananindeua – CANAN. E-mail: nayara.geopa@gmail.com

³ Orientador(a): Doutor em Geografia-ENESP. Docente e pesquisador(a) na Faculdade de Tecnologia em Geoprocessamento - FTG da UFPA-CANAN. E-mail: paulomelo@ufpa.br

⁴ Coorientador(a): Doutor em Geografia - UFC. Docente e pesquisador(a) na Faculdade de Tecnologia em Geoprocessamento - FTG do CANAN-UFPA. E-mail: lcmiranda@ufpa.br

ABSTRACT

This study examined environmental and climatic transformations in São Félix do Xingu, Pará, from 2004 to 2024, focusing on wildfires, deforestation, and climate variations. Using geotechnologies (R Studio and QGIS) and INPE/TERRABRASILIS data, heat spots were mapped, revealing significant variations in wildfires over the period, peaking between July and September, linked to agricultural expansion. Heat spot density concentrated in the northern and central-eastern regions, correlated with a 1.5°C average temperature rise and a 20% annual precipitation decrease. Results highlight growing pressure on protected areas and vulnerability to large-scale fires. Robust public policies and sustainable practices are deemed essential to mitigate these impacts and preserve the Amazon.

Key words: Geotechnologies, Wildfires, Deforestation, Climate Change, São Félix do Xingu.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos 20 anos, São Félix do Xingu, localizada no estado do Pará, tem enfrentado intensas transformações ambientais devido ao desmatamento e às queimadas, atividades frequentemente associadas à expansão agropecuária e à ocupação irregular de terras (Fearnside, 2020). Com uma área de 84.213 km², o município é um dos maiores da Amazônia brasileira e se destaca por sua rica biodiversidade, mas também por liderar rankings de degradação ambiental (INPE, 2025). Estudos recentes apontam que as queimadas na Amazônia não apenas alteram a paisagem, mas também impactam o clima regional, reduzindo a oferta e elevando as temperaturas (Nobre *et al.*, 2016).

Apesar dos avanços nas políticas de controle, como o Plano de Prevenção e Combate ao Desmatamento na Amazônia (PPCDAm), a pressão antrópica persiste, especialmente em áreas protegidas como a APA Triunfo do Xingu. Este estudo busca responder à seguinte pergunta de pesquisa: como a expansão agropecuária influenciou a densidade de focos de calor em São Félix do Xingu entre 2004 e 2024, e quais são os impactos climáticos associados? Assim, analisa-se objetivamente as variações temporais e espaciais dos focos de calor, avalia seus efeitos climáticos e propõe estratégias de mitigação baseadas em geotecnologias.

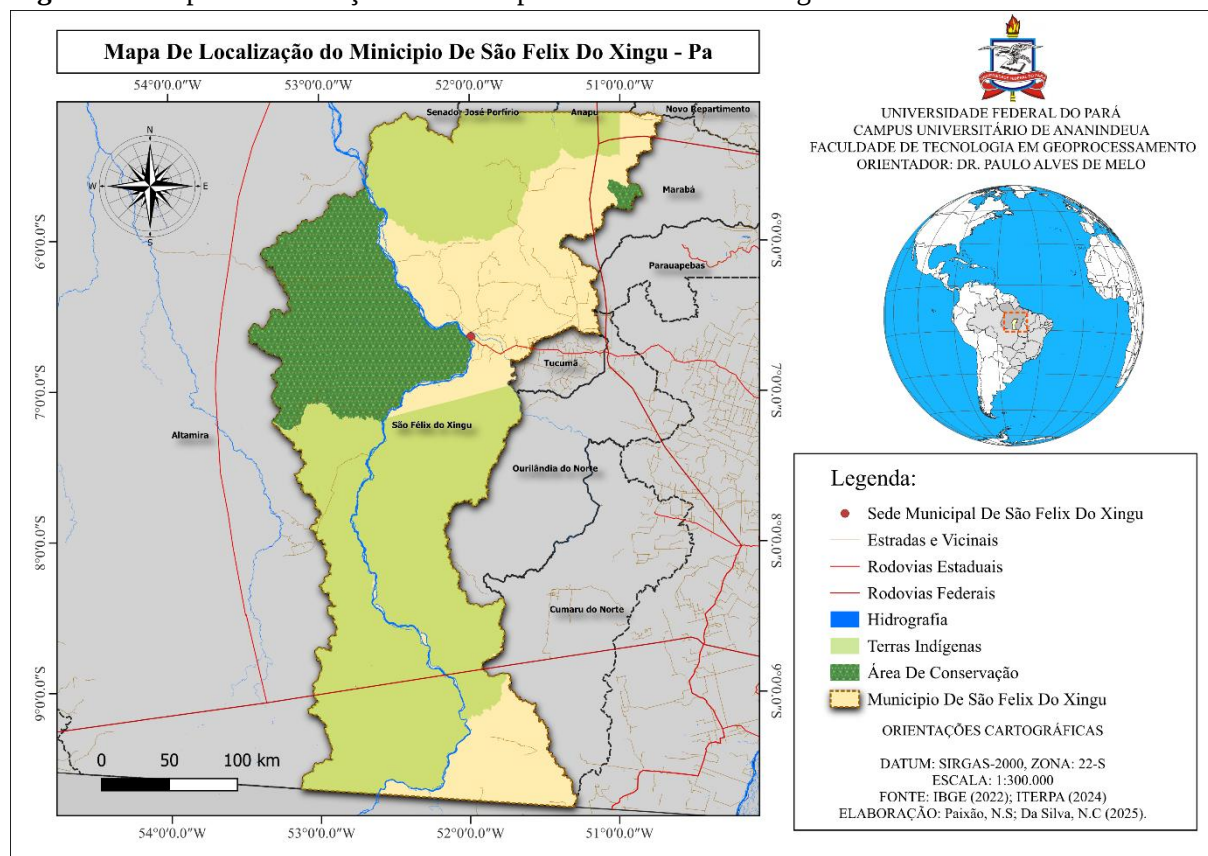
2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados de focos de calor foram obtidos do Banco de Dados de Queimadas (BDQueimadas) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE/TERRABRASILIS) para os anos de 2004, 2014 e 2024, selecionados por representarem marcos de políticas ambientais e picos de queimadas. A análise espacial foi realizada com o software QGIS (versão 3.28), utilizando o método *Kernel Density Estimation* (KDE) com raio de 5 km para mapear a densidade dos focos, com base cartográfica do IBGE (2022). O tratamento estatístico dos dados foi prolongado no R Studio (versão 4.3.1), empregando o pacote *gplot2* para gerar gráficos de distribuição mensal.

Os mapas de densidade foram gerados com resolução de 30 m, integrando imagens MODIS e SENTINEL-2 para validação espacial. Dados climáticos (temperatura e previsão)

foram extraídos do INMET (BDMEP), complementando a análise dos impactos das queimadas. A comparação entre os anos foi realizada por meio de estatísticas descritivas e testes de diferença (ANOVA), com nível de significância de 5%.

Figura 1 – Mapa de localização do Município de São Félix do Xingu - PA



Fonte: IBGE (2022); ITERPA (2024). Elaboração: Paixão, N.S.; Da Silva, N.C. (2025).

3 REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEITUAL

O monitoramento ambiental de regiões críticas como a Amazônia tem se beneficiado do avanço das geotecnologias, que permite a coleta, processamento e análise de dados espaciais e temporais de forma eficiente (Jensen, 2016). Ferramentas como QGIS e R Studio, utilizadas neste estudo, são amplamente reconhecidas por sua capacidade de integrar dados de sensoriamento remoto (ex.: MODIS, SENTINEL-2) e bases de dados institucionais (ex.: BDQueimadas do INPE, IBGE, INMET), proporcionando subsídios para a compreensão de dinâmicas ambientais como desmatamento e queimadas (Longley *et al.*, 2015).

O conceito de desmatamento na Amazônia está intrinsecamente ligado à teoria da fronteira agrícola, que explica a conversão de florestas em pastagens e áreas agrícolas como resultado de pressão econômica e políticas (Walker *et al.*, 2009). As queimadas, por sua vez, são um componente central dessa transformação, funcionando como ferramenta de manejo agrícola, mas também como agente de alterações climáticas locais, afetando o ciclo hidrológico

e aumentando a temperatura (Malhi *et al.*, 2008). A hipótese do "ponto de inflexão" da Amazônia, proposta de Nobre *et al.* (2016), sugere que uma perda de 20-25% da cobertura florestal pode levar a um colapso ecossistêmico, o que reforça a relevância de estudos como este em São Félix do Xingu, uma área com alta taxa de manipulação.

As mudanças climáticas regionais decorrentes das queimadas são explicadas pela teoria do feedback positivo, onde a remoção da vegetação reduz a evapotranspiração, diminui a umidade do ar e aumenta a suscetibilidade a incêndios (Coe *et al.*, 2017). Neste contexto, as geotecnologias emergem como uma abordagem interdisciplinar, combinando ciência espacial e estatística para monitorar e mitigar esses impactos, alinhando-se às diretrizes de sustentabilidade preconizadas pela Agenda 2030 da ONU (Nações Unidas, 2015).

4 RESULTADOS

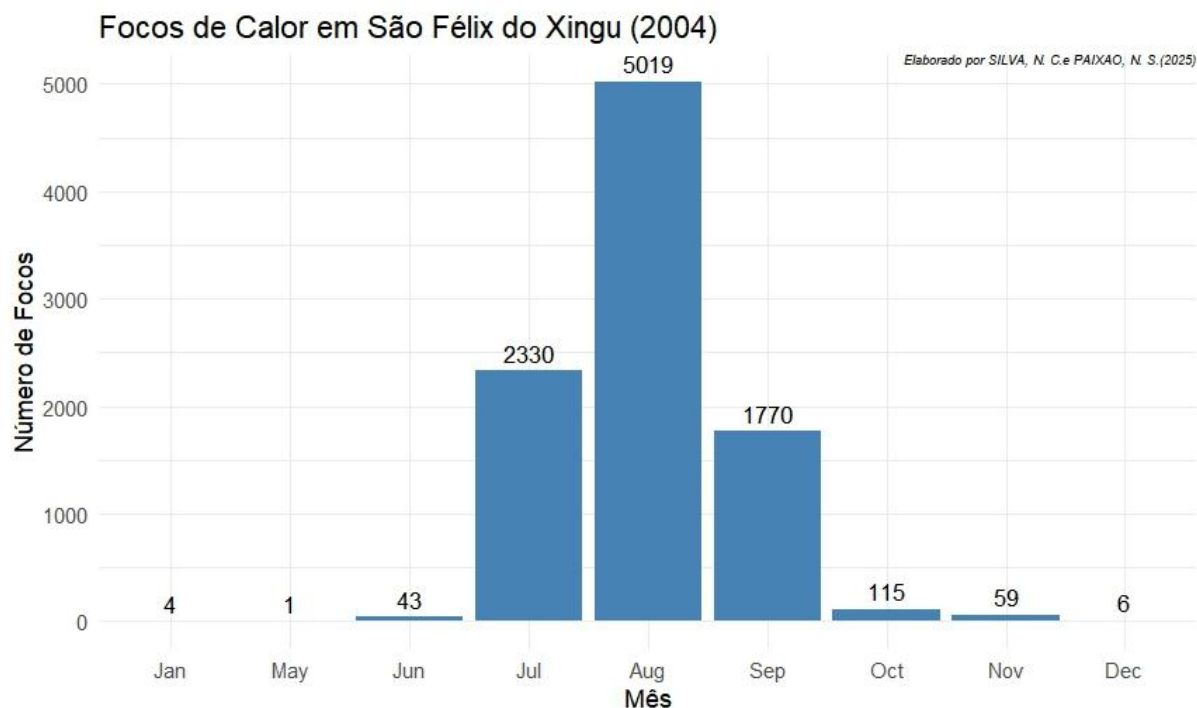
A análise revelou variações reveladas nos focos de calor em São Félix do Xingu ao longo das duas décadas. Em 2004, o total anual foi de 9.347 focos, com picos em julho (2.330) e agosto (5.019). Em 2014, o número caiu para 2.471 focos, com destaque para agosto (1.136) e setembro (1.037). Já em 2024, o total alcançou 7.356 focos, com setembro (3.967) e agosto (2.908) registrando os maiores valores (Tabela 1).

Tabela 1 - Focos de calor mensais em São Félix do Xingu (2004, 2014, 2024)

Mês	2004	2014	2024
Janeiro	4	1	4
Fevereiro	0	1	4
Março	0	0	3
Abril	0	0	1
Maio	1	7	3
Junho	43	37	3
Julho	2.330	51	162
Agosto	5.019	1.136	2.908
Setembro	1.770	1.037	3.967
Outubro	115	133	246
Novembro	59	63	41
Dezembro	6	5	14
Total Anual	9.347	2.471	7.356

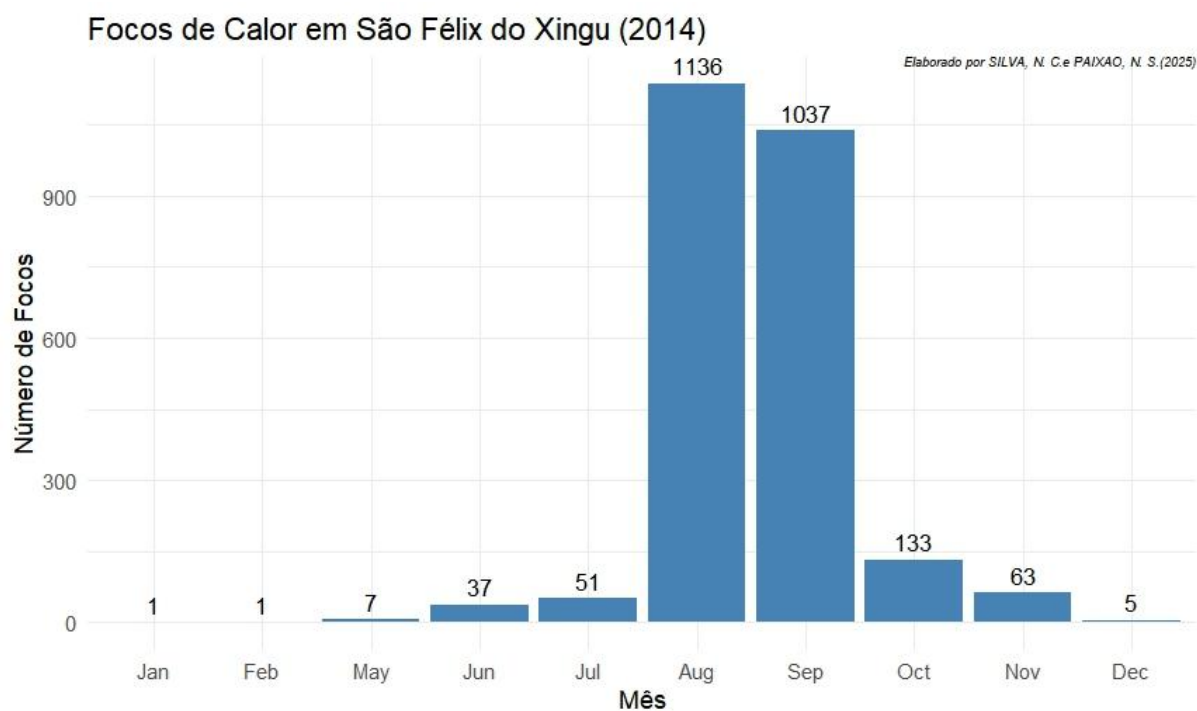
Fonte: INPE/TERRABRASILIS (2025). **Elaboração:** Paixão, NS; Da Silva, NC (2025).

Figura 2 - Distribuição dos focos de calor em São Félix do Xingu (2004)

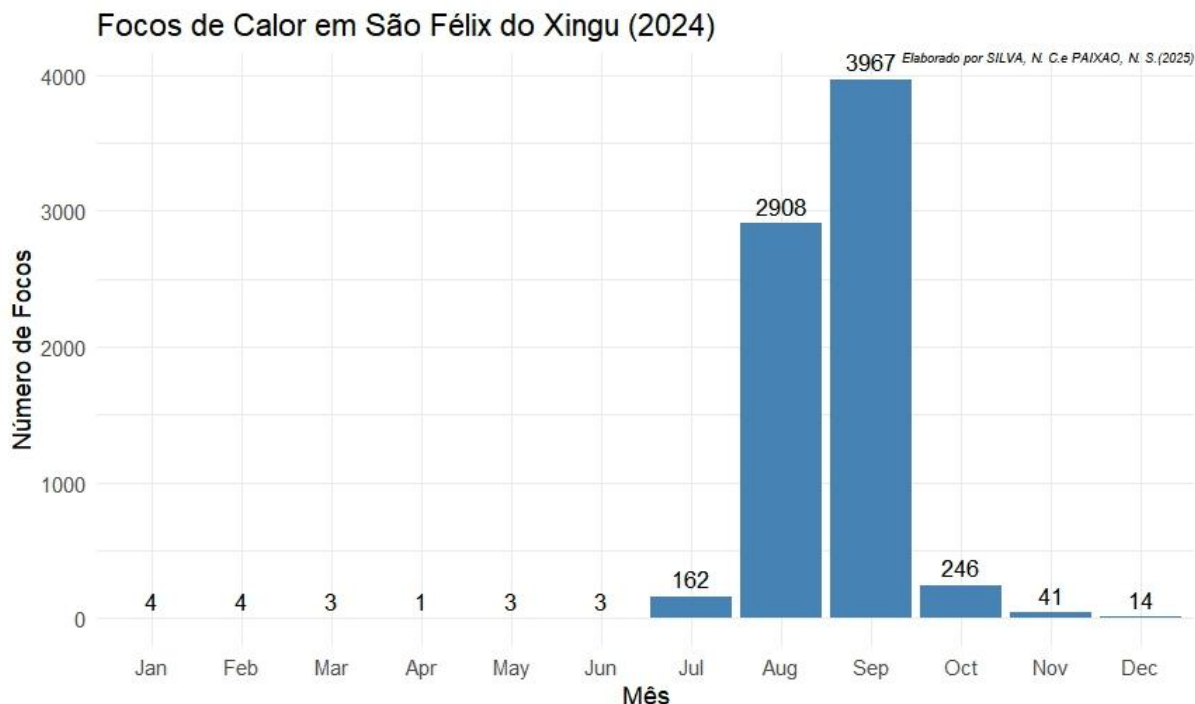


Fonte: INPE/TERRABRASILIS (2025). **Elaboração:** Paixão, NS; Da Silva, NC (2025).

Figura 3 - Distribuição dos focos de calor em São Félix do Xingu (2014)



Fonte: INPE/TERRABRASILIS (2025). **Elaboração:** Paixão, NS; Da Silva, NC (2025).

Figura 4 - Distribuição dos focos de calor em São Félix do Xingu (2024)

Fonte: INPE/TERRABRASILIS (2025). **Elaboração:** Paixão, NS; Da Silva, NC (2025).

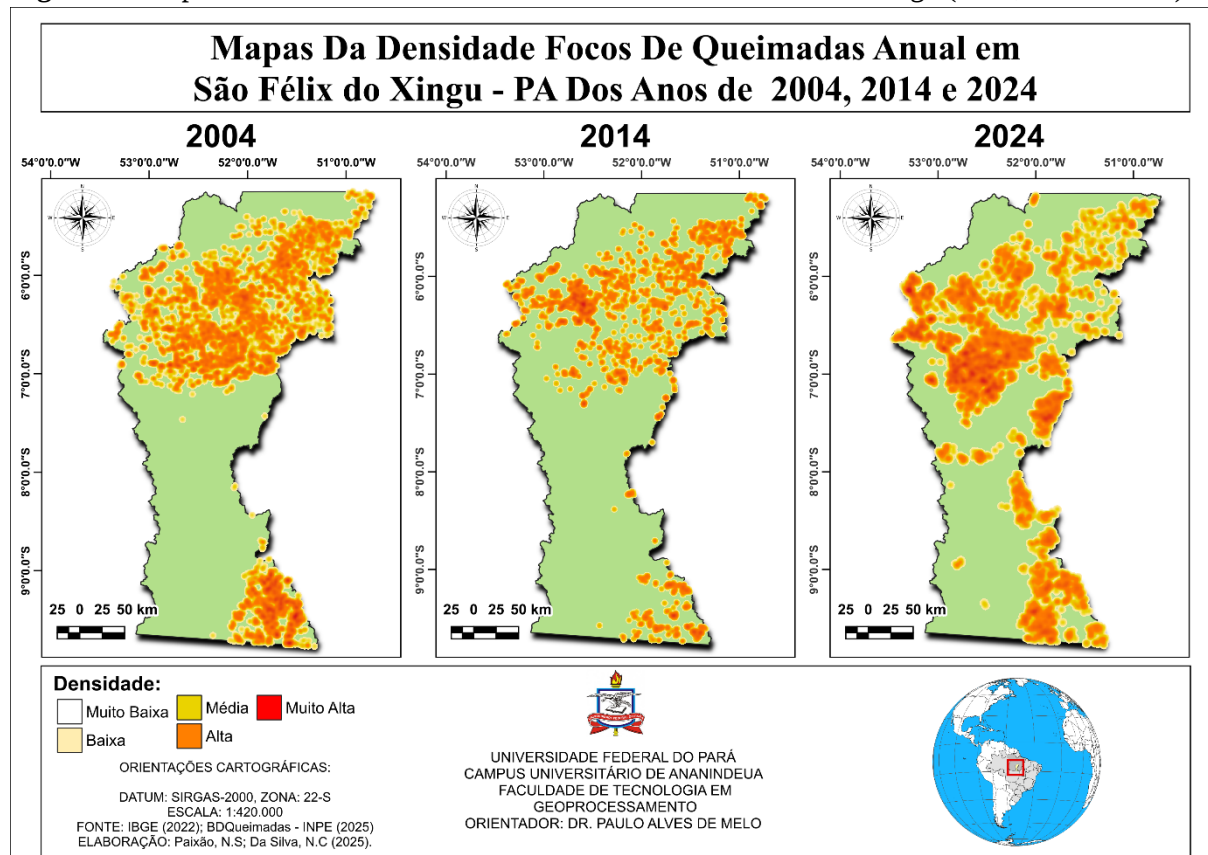
Os mapas de densidade indicaram maior concentração de focos nas regiões norte e centro-leste em todos os anos, com intensificação em 2024 próxima à APA Triunfo do Xingu.

5 DISCUSSÕES

Os resultados mostram uma variação significativa nos focos de calor em São Félix do Xingu entre 2004 e 2024. Houve uma redução de 73,6% nos focos de calor entre 2004 (9.347) e 2014 (2.471), seguida por um aumento de 197,7% entre 2014 (2.471) e 2024 (7.356). Essa variação reflete a intensificação da agropecuária e a pressão sobre áreas protegidas, conforme observado por Artaxo et al. (2022) em outras regiões amazônicas. A sazonalidade entre julho e setembro está associada ao período de estiagem, quando o fogo é usado para limpar terras, corroborando padrões descritos por Nobre et al. (2016). A redução em 2014 pode ser atribuída ao aumento da fiscalização via PPCDAm e ao Cadastro Ambiental Rural (CAR), enquanto o crescimento em 2024 sugere o enfraquecimento dessas políticas.

A concentração espacial nas regiões norte e centro-leste reflete a proximidade com a fronteira agropecuária do Mato Grosso, enquanto a APA Triunfo do Xingu enfrenta invasões crescentes. Climaticamente, os dados do INMET indicam um aumento médio de 1,5°C na temperatura e uma redução de 20% na ocorrência anual, exacerbando a vulnerabilidade a incêndios. Esses padrões se alinham às tendências globais em florestas tropicais, como na Indonésia (Gaveau *et al.*, 2016).

Figura 5 - Mapa de densidade dos focos de calor anual em São Félix do Xingu (2004, 2014 e 2024)



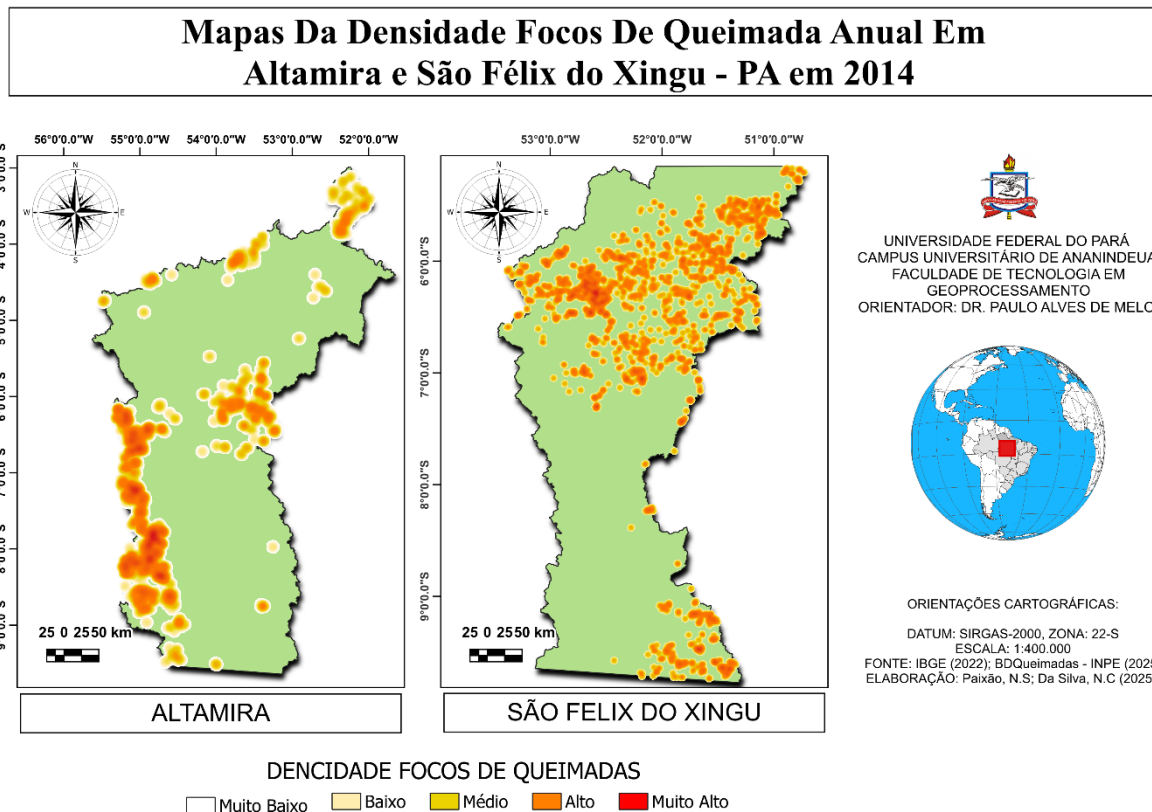
Fonte: IBGE (2022); BDQueimadas – INPE (2025). **Elaboração:** Paixão, NS; Da Silva, NC (2025).

Em 2014, Altamira superou São Félix do Xingu em focos de calor, possivelmente devido à construção da usina de Belo Monte, que intensificou a ocupação desordenada do território.

6 CONCLUSÃO

Este estudo mostrou indicações nos focos de calor em São Félix do Xingu entre 2004 e 2024, com uma redução inicial seguida de um aumento expressivo, associado à expansão agropecuária e impactos climáticos como elevação da temperatura e redução da negociação. As geotecnologias foram essenciais para mapear esses padrões, oferecendo subsídios para o monitoramento ambiental. A pesquisa contribui com evidências quantitativas da relação entre queimadas e mudanças climáticas, destacando a urgência de políticas públicas adequadas. As limitações incluem a falta de dados diários de umidade, que poderiam refinar as correlações climáticas. Estudos futuros devem explorar os impactos socioeconômicos nas comunidades locais.

Figura 6 - Mapa de densidade dos focos de calor anual em São Félix do Xingu e Altamira (2014)



Fonte: IBGE (2022); BDQueimadas – INPE (2025). **Elaboração:** Paixão, NS; Da Silva, NC (2025).

REFERÊNCIAS

- ARTAXO, P. *et al.* Impactos ambientais do desmatamento na Amazônia. **Química e Física Atmosférica**, v. 22, n. 5, p.1234-1245, 2002.
- COE, MT et al. Feedbacks entre desmatamento e clima na Amazônia. **Natureza Mudanças Climáticas**, v. 3, pág. 175-181, 2017.
- FEARNSIDE, PM Desmatamento na Amazônia brasileira. **Cartas de Pesquisa Ambiental**, v. 15, n. 10, pág. 104-115, 2020.
- JENSEN, JR **Sensoriamento remoto do meio ambiente: uma perspectiva de recursos da terra**. 2. ed. Boston: Pearson, 2016.
- LONGLEY, PA et al. **Sistemas de informação geográfica e científica**. 4.ed. Hoboken: Wiley, 2015.
- MALHI, Y. et al. Mudanças climáticas, desmatamento e destino da Amazônia. **Ciência**, v. 319, n. 5860, pág. 169-172, 2008.



NOBRE, CA et al. Riscos de uso da terra e mudanças climáticas na Amazônia. **Anais da Academia Nacional de Ciências**, v. 113, n. 39, pág. 10759-10768, 2016.

WALKER, R. et al. A expansão da fronteira agrícola na Amazônia. **Anais da Associação de Geógrafos Americanos**, v. 99, n. 4, pág. 681-701, 2009.

GAVEAU, DLA et al. Conversões rápidas e desmatamento evitadas: examinando quatro décadas de expansão de plantações industriais em Bornéu. **Relatórios Científico**, v. 6, p. 32017, 2016. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/srep32017> . Acesso em: 15 fev. 2025.

IBGE. Base cartográfica contínua do Brasil. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html> . Acesso em: 16 fev. 2025.

INMET. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa – BDMEP**. Brasília, 2025. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/> . Acesso em: 10 fev. 2025.

INPE. **Banco de dados de queimadas – BDQueimadas**. São José dos Campos, 2025. Disponível em: <https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas> . Acesso em: 12 fev. 2025.

EQUIPE DE DESENVOLVIMENTO QGIS. **Sistema de informação geográfica QGIS. Projeto Open Source Geospatial Foundation**, 2023. Disponível em: <https://qgis.org/> . Acesso em: 18 fev. 2025.

EQUIPE NÚCLEO R. **R: uma linguagem e ambiente para computação estatística**. Viena: R Foundation for Statistical Computing, 2023. Disponível em: <https://www.r-project.org/> . Acesso em: 17 fev. 2025.

NAÇÕES UNIDAS. **Transformando nosso mundo: uma agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. Nova York, 2015. Disponível em: <https://sdgs.un.org/2030agenda> . Acesso em: 20 fev. 2025.